

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-174345

(43)Date of publication of application : 02.07.1999

(51)Int.Cl.

G02B 25/00

(21)Application number : 09-354187

(71)Applicant : FUJI PHOTO OPTICAL CO LTD

(22)Date of filing : 08.12.1997

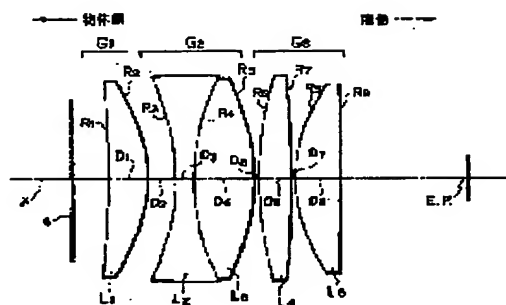
(72)Inventor : KOIZUMI NOBORU

(54) WIDE VISUAL FIELD OCULAR**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a light and compact wide visual field ocular which is constituted of three groups having positive, negative and positive refractive indexes in order from an object side, where the 1st lens group is constituted of a positive meniscus lens having a concave surface facing the object side and the 2nd lens group is constituted of a combined lens consisting of a negative lens and a positive lens, whose angle of visibility is $\geq 60^\circ$ and whose diameter is small.

SOLUTION: This ocular is constituted of a 1st lens group G1 constituted of the positive meniscus lens whose concave surface faces the object side, a 2nd lens group G2 constituted of the combined lens consisting of a biconcave lens whose surface having a large curvature faces an eye side and a biconvex lens whose both surfaces have same curvature, and a 3rd lens group G3 having the positive refractive power in order from the object side; and satisfies expressions: $1.2 < f_1/f < 3.5$, $3 < -f_2/f$, $0.010 < ?2N - 1/?2P$, $1 < \text{verbar}R_3/f\text{verbar}$;

(provided that f: the focal distance of an entire system, f_n : the focal distance of an n-th lens group G_n , $?2N$: the Abbe number of the negative lens of the 2nd lens group G2, $?2P$: the Abbe number of the positive lens of the 2nd lens group G2, and R_3 : the radius of curvature of the surface closest to the object side of the 2nd lens group G2).

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-174345

(43) 公開日 平成11年(1999) 7月2日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 25/00

識別記号

F I

G 0 2 B 25/00

A

審査請求 未請求 請求項の数4 F D (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平9-354187

(22) 出願日 平成9年(1997)12月8日

(71) 出願人 000005430

富士写真光機株式会社

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地

(72) 発明者 小泉 昇

埼玉県大宮市植竹町1丁目324番地 富士
写真光機株式会社内

(74) 代理人 弁理士 川野 宏

(54) 【発明の名称】 広視野接眼レンズ

(57) 【要約】

【目的】 物体側より順に正、負、正の屈折力を有する3群構成で、第1レンズ群は凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズ、第2レンズ群は負レンズと正レンズの接合レンズからなり、視野角が60度以上で、レンズ径が小さく軽量、コンパクトな広視野接眼レンズを得る。

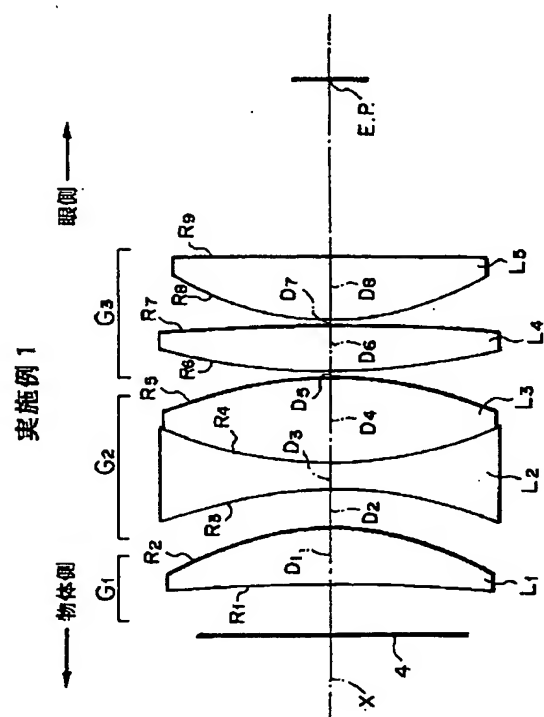
【解決手段】 物体側から順に、凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズ群G₁、曲率の大きい面を眼側に向けた両凹レンズと両面同曲率の両凸レンズの接合レンズからなる第2レンズ群G₂、正の屈折力を有する第3レンズ群G₃から構成され、以下の条件式を満足する広視野接眼レンズ。

(1) $1.2 < f_1/f < 3.5$ (2) $3 < -f_2/f$ (3) $0.010 < 1/\nu 2N - 1/\nu 2P$ (4) $1 < |R_3/f|$

ただし、 f : 全系の焦点距離 f_n : 第nレンズ群G_nの焦点距離

$\nu 2N$: 第2レンズ群G₂の負レンズの ν 値の数 $\nu 2P$: 第2レンズ群G₂の正レンズの ν 値の数

R_3 : 第2レンズ群G₂の最も物体側の面の曲率半径



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側より順に、凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズからなる第 1 レンズ群、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第 2 レンズ群、および全体として正の屈折力を有する第 3 レンズ群から構成されることを特徴とする広視野接眼レンズ。

【請求項 2】 物体側より順に、凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズからなる第 1 レンズ群、物体側より順に両面が凹面の負の屈折力を有するレンズと両面が凸面の正の屈折力を有するレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第 2 レンズ群、および全体として正の屈折力を有する第 3 レンズ群から構成され、以下の条件式 (1) ~ (4) を満足することを特徴とする広視野接眼レンズ。

- (1) $1.2 < f_1 / f < 3.5$
- (2) $3 < -f_2 / f$
- (3) $0.010 < 1 / \nu_{2N} - 1 / \nu_{2P}$
- (4) $1 < |R_3 / f|$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

ν_{2N} : 第 2 レンズ群の負の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

ν_{2P} : 第 2 レンズ群の正の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

R_3 : 第 2 レンズ群の最も物体側の面の曲率半径

【請求項 3】 物体側より順に、凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズからなる第 1 レンズ群、物体側より順に凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズと凹面を物体側に向けた負の屈折力を有するメニスカスレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第 2 レンズ群、および全体として正の屈折力を有する第 3 レンズ群から構成され、以下の条件式 (1) ~ (4) を満足することを特徴とする広視野接眼レンズ。

- (1) $1.2 < f_1 / f < 3.5$
- (2) $3 < -f_2 / f$
- (3) $0.010 < 1 / \nu_{2N} - 1 / \nu_{2P}$
- (4) $1 < |R_3 / f|$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_1 : 第 1 レンズ群の焦点距離

f_2 : 第 2 レンズ群の焦点距離

ν_{2N} : 第 2 レンズ群の負の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

ν_{2P} : 第 2 レンズ群の正の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

R_3 : 第 2 レンズ群の最も物体側の面の曲率半径

【請求項 4】 前記第 1 レンズ群を構成する正の屈折力を有するメニスカスレンズの少なくとも 1 面が非球面とされてなることを特徴とする請求項 1 から 3 のうちいずれか 1 項記載の広視野接眼レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は望遠鏡や双眼鏡に用いられる広視野の接眼レンズに関し、特に視野角が 60 度以上でレンズ系のコンパクト化を図り得る広視野接眼レンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】望遠鏡や双眼鏡（以下望遠鏡等と称する）に用いられる広視野接眼レンズとしては、例えば、特開平 9-54256 号公報に、視野角が 40 度以上の接眼レンズにおいて、接眼レンズの最もアイポイント側のレンズ面からアイポイントまでの距離であるアイレリーフが、十分な長さとした接眼レンズが示されている。この接眼レンズによれば、高倍率で利用するような望遠鏡等においては、利用に適した十分な長さのアイレリーフを得ることができる。しかしながら、倍率が 10 数倍といった高倍率の望遠鏡等は、種々の状況全てについて便利に使用できるというものではない。すなわち、高倍率の望遠鏡等は、どうしても視野が狭くなりがちで、手ぶれも起こり易くなるため、このような事情から、低倍率で利用できる接眼レンズに対する要望もある。

【0003】ところが、一般に低倍率の望遠鏡等の接眼レンズにおいては、アイレリーフが必要以上に長くなりたりレンズの外径が大きくなってしまい、利用しにくいという問題がある。このような問題が生じるのは、倍率＝対物レンズの焦点距離÷接眼レンズの焦点距離という関係にあることから、低倍率の望遠鏡等においては高倍率のものよりも、接眼レンズの焦点距離が長くなることにより、必然的にアイレリーフも長くなるからである。また、アイレリーフが長いということは、光線がアイポイントを通過することを考えると、ほぼ比例的にレンズの外径が大きくなることになる。

【0004】すなわち、上記公報記載の接眼レンズのように、高倍率で焦点距離が短いときでも十分な長さのアイレリーフが得られる接眼レンズを、低倍率で焦点距離の短い接眼レンズに応用すると、必要以上にアイレリーフが長くなり、レンズ外径が大きくなってしまふことになる。例えば、レンズ外径を比較する際に用いられる評価値として、光軸から、アイポイントを所定の視野角で通過する光線（主光線）の接眼レンズでの最外周までの距離（以下 h_{max} と称する）と焦点距離（ f ）の比が一般に知られている。上記特開平 9-56254 号公報記載の接眼レンズでは、この h_{max} / f は視野角が 60 度で 0.7 程度と大きく、レンズ外径が大きい。

【0005】本願出願人もまた、必要なアイレリーフを確保した広視野な接眼レンズを既に開示している（特願平 9-247701号）。この広視野接眼レンズは、視野角が65度以上と広く、レンズ枚数を5枚ないし6枚と少なくすることができ、諸収差が良好で、特に、歪曲収差を効果的に補正することができるものであるが、上述の h_{max}/f の値は視野角が65度で0.73となっており、上記公報記載の接眼レンズと同様、外径の大きなレンズを使用することになる。この点に関し、焦点距離が比較的長く低倍率の望遠鏡等で利用できる接眼レンズにおいても、適正なアイレリーフを有しかつレンズ外径を小さくするような、軽量化、コンパクト化の要望は強い。

【0006】本発明はこのような事情に鑑みなされたもので、視野角が65度以上と広く、レンズ外径を小さくしたレンズでありながら、諸収差が良好に補正された広視野接眼レンズを提供することを目的とするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る広視野接眼レンズは、物体側より順に、凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズからなる第1レンズ群、負の屈折力を有するレンズと正の屈折力を有するレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第2レンズ群、および全体として正の屈折力を有する第3レンズ群から構成されることを特徴とするものである。

【0008】また、この広視野接眼レンズは、物体側より順に、凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズからなる第1レンズ群、物体側より順に両面が凹面の負の屈折力を有するレンズと両面が凸面の正の屈折力を有するレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第2レンズ群、あるいは物体側より順に凹面を物体側に向けた正の屈折力を有するメニスカスレンズと凹面を物体側に向けた負の屈折力を有するメニスカスレンズとを接合してなり全体として負の屈折力を有する第2レンズ群、および全体として正の屈折力を有する第3レンズ群から構成され、以下の条件式(1)～(4)を満足することが望ましい。

$$(1) \quad 1.2 < f_1/f < 3.5$$

$$(2) \quad 3 < -f_2/f$$

$$(3) \quad 0.010 < 1/\nu_{2N} - 1/\nu_{2P}$$

$$(4) \quad 1 < |R_3/f|$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

ν_{2N} : 第2レンズ群の負の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

ν_{2P} : 第2レンズ群の正の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

R_3 : 第2レンズ群の最も物体側の面の曲率半径

【0009】さらに、前記第1レンズ群を構成する正の屈折力を有するメニスカスレンズの少なくとも1面が非球面とされてなることが好ましい。なお、上述のとおり、第2レンズ群を構成し正レンズと負レンズからなる接合レンズは、物体側から正レンズ、負レンズの順に配列されても、負レンズ、正レンズの順に配列されてもよい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態の広視野接眼レンズについて図面を用いて説明する。図1は本発明の実施形態に係る広視野接眼レンズを接眼レンズ系に用いた単眼鏡の構成を示す概略図である。図示されるように、本実施形態の広視野接眼レンズを組み込んだ単眼鏡は対物レンズ系1、接眼レンズ系2、および像正立プリズム3を備えている。対物レンズ系1による物体像は像正立プリズム3を介して物体像位置4に結像され、接眼レンズ系2によりアイポイント位置E・P.に導かれ、網膜上で再び結像することとなる。以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

【0011】＜実施例1＞ここで、図2は本発明に係る実施例1の広視野接眼レンズの基本構成を示すものである。この広視野接眼レンズは、図1に示すような単眼鏡の接眼部内に配されたもので、図2に示すとおり物体側から順に、正の屈折力を有する第1レンズ群G₁、全体として負の屈折力を有する第2レンズ群G₂、および全体として正の屈折力を有する第3レンズ群G₃から構成される5枚構成の広視野接眼レンズである。

【0012】第1レンズ群G₁は、凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズL₁により構成される。第2レンズ群G₂は、物体側から順に、曲率の大きい面を眼側に向けた両凹レンズからなる第2レンズL₂と両面とも同曲率の両凸レンズからなる第3レンズL₃の接合レンズにより構成される。第3レンズ群G₃は、物体側から順に、曲率の大きい面を物体側に向けた両凸レンズからなる第4レンズL₄と凸面を物体側に向けた平凸レンズからなる第5レンズL₅から構成される。

【0013】また、本実施形態のレンズは、以下の条件式(1)～(4)を満足するように構成されている。

$$(1) \quad 1.2 < f_1/f < 3.5$$

$$(2) \quad 3 < -f_2/f$$

$$(3) \quad 0.010 < 1/\nu_{2N} - 1/\nu_{2P}$$

$$(4) \quad 1 < |R_3/f|$$

ただし、

f : 全系の焦点距離

f_1 : 第1レンズ群の焦点距離

f_2 : 第2レンズ群の焦点距離

ν_{2N} : 第2レンズ群の負の屈折力を有するレンズの阿ッベ数

ν_{2P} : 第2レンズ群の正の屈折力を有するレンズのアップベ数

R_3 : 第2レンズ群の最も物体側の面の曲率半径

【0014】従来の広視野接眼レンズでは、接眼レンズの最も物体側には負レンズを配置して、非点収差の補正と、十分なアイレリーフを達成することが基本となっている。しかし、接眼レンズの第1レンズが負レンズであると光束が発散されるため、第2レンズ以降のレンズ径が大きくなってしまふ。この点を考慮して本発明の実施形態の広視野接眼レンズは、第1レンズ群 G_1 を構成する第1レンズ L_1 を正レンズとして光束の発散を抑制し、非点収差の補正のためには、第2レンズ群 G_2 が負の屈折力を有するようにしてベッツバール和を小さくすることでこれを良好に補正するようにしている。また、第1レンズ L_1 はメニスカスレンズとし、凹面を物体側に向けることで、諸収差、特に歪曲収差を良好に補正するようにしている。また、第2レンズ群 G_2 を構成するレンズを接合レンズとしたことにより、軸上色収差と倍率色収差をバランスよく補正することができる。

【0015】以下、各条件式について説明する。条件式(1)は、正の屈折力を有する第1レンズ群 G_1 の焦点距離を規定している。この下限値を下回ると、光線の収束作用が大きくなりアイレリーフが短くなりすぎ、また、歪曲収差が増加する。この上限値を上回ると、歪曲収差は小さくなるが、収束作用が小さいため第2レンズ

| | R | D | N_d | ν_d |
|---|----------|-----------------|---------|---------|
| 1 | -141.075 | 4.967 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -24.089 | 3.368 | | |
| 3 | -35.537 | 2.396 | 1.78472 | 25.4 |
| 4 | 30.822 | 8.048 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -30.822 | 0.516 | | |
| 6 | 50.228 | 4.287 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | -151.866 | 0.516 | | |
| 8 | 23.117 | 5.549 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | ∞ | 15.980 (アイレリーフ) | | |

$f = 20$

【0019】さらに、この実施例1における条件式(1)～(4)の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N}-1/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、前述のとおりレンズ外径の大きさを示す値である h_{max}/f 、および視野角の各値は後述する表7のように設定されている。したがって、上記条件式(1)～(4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。

【0020】＜実施例2＞次に、図3に本発明に係る実施例2の広視野接眼レンズのレンズ構成を示す。本実施例2の広視野接眼レンズは、その構成が、第1レンズ群 G_1 が、凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズ L_1 により、第2レンズ群 G_2 が、物体側から順に、曲率の大きい面を眼側に向けた両凹レンズか

L_2 以降のレンズ径が大きくなってしまふ。条件式

(2)は、負の屈折力を有する第2レンズ群 G_2 の焦点距離を規定している。この下限値を下回ると、第2レンズ群 G_2 の負のパワーが強くなりすぎるため光線が急激に発散され、第3レンズ群 G_3 のレンズ径が大きくなってしまふ。また、非点収差、歪曲収差は小さくなるものの、他の諸収差が増大してしまふ。

【0016】条件式(3)は、第2レンズ群 G_2 の接合レンズを構成する負レンズと正レンズの各々のアップベ数の逆数の差で、色分散の差を規定している。この下限値を規定することにより、倍率の色収差と軸上色収差を良好に補正している。条件式(4)は、第2レンズ群 G_2 への光線の入射角を規定するものである。この下限値を下回ると、第2レンズ群 G_2 への入射角が大きくなるため良好に収差補正ができなくなる。

【0017】次に、この実施例1における各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D (mm)、各レンズの d 線 ($\lambda=587.6nm$)における屈折率 N_d およびアップベ数 ν_d を下記表1に示す。ただし、この表1および後述する表2～5において、各 R 、 D 、 N_d 、 ν_d に対応させた数字は物体側から順次増加するようになっている。また、表1の下段には全系の焦点距離 f (mm)を示す。

【0018】

【表1】

| | R | D | N_d | ν_d |
|---|----------|-----------------|---------|---------|
| 1 | -141.075 | 4.967 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -24.089 | 3.368 | | |
| 3 | -35.537 | 2.396 | 1.78472 | 25.4 |
| 4 | 30.822 | 8.048 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -30.822 | 0.516 | | |
| 6 | 50.228 | 4.287 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | -151.866 | 0.516 | | |
| 8 | 23.117 | 5.549 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | ∞ | 15.980 (アイレリーフ) | | |

らなる第2レンズ L_2 と曲率の大きい面を物体側に向けた両凸レンズからなる第3レンズ L_3 の接合レンズにより構成され、第3レンズ群 G_3 が、物体側から順に、凸面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第4レンズ L_4 と、曲率の大きい面を物体側に向けた両凸レンズからなる第5レンズ L_5 とされている。条件式(1)～(4)および作用効果は上記実施例1と略同様とされている。

【0021】また、この実施例2における各レンズ面の曲率半径 R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔 D (mm)、各レンズの d 線における屈折率 N_d およびアップベ数 ν_d を下記表2に示す。また、表2の下段には全系の焦点距離 f (mm)を示す。

【0022】

【表 2】

| | R | D | N_d | ν_d |
|---|----------|-----------------|---------|---------|
| 1 | -57.096 | 4.615 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -22.788 | 3.439 | | |
| 3 | -106.375 | 2.395 | 1.78472 | 25.4 |
| 4 | 19.561 | 8.609 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -44.252 | 0.515 | | |
| 6 | 27.494 | 4.826 | 1.71300 | 53.9 |
| 7 | 145.489 | 0.515 | | |
| 8 | 45.396 | 4.430 | 1.71300 | 53.9 |
| 9 | -132.470 | 16.000 (アイレリーフ) | | |

f = 20

【0023】さらに、この実施例2における条件式

(1) ~ (4) の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N-1}/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、 h_{max}/f および視野角の各値は後述する表7のように設定されている。したがって、上記条件式(1) ~ (4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。

【0024】＜実施例3＞次に、図4に本発明に係る実施例3の広視野接眼レンズのレンズ構成を示す。全体として負の屈折力を有する第2レンズ群G₂の構成が、物体側より順に、曲率の大きい面を物体側に向けた両凹レ

ンズからなる第3レンズL₃と曲率の大きい面を眼側に向けた両凸レンズからなる第4レンズL₄の接合レンズとなっていること以外は、そのレンズ構成と条件式(1) ~ (4)およびその作用効果は上記実施例1と略同様とされている。また、この実施例3における各レンズ面の曲率半径R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D (mm)、各レンズのd線における屈折率N_dおよびアッベ数ν_dを下記表3に示す。また、表3の下段には全系の焦点距離f (mm)を示す。

【0025】

【表 3】

| | R | D | N_d | ν_d |
|---|---------|-----------------|---------|---------|
| 1 | -88.049 | 5.685 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -18.933 | 2.603 | | |
| 3 | -21.282 | 2.393 | 1.78473 | 25.4 |
| 4 | 50.877 | 7.464 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -26.488 | 0.515 | | |
| 6 | 62.537 | 4.514 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | -77.998 | 0.515 | | |
| 8 | 23.988 | 5.326 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | ∞ | 15.500 (アイレリーフ) | | |

f = 20

【0026】さらに、この実施例3における条件式

(1) ~ (4) の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N-1}/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、 h_{max}/f および視野角の各値は後述する表7のように設定されている。したがって、上記条件式(1) ~ (4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。

【0027】＜実施例4＞次に、図5に本発明に係る実施例4の広視野接眼レンズのレンズ構成を示す。全体として正の屈折力を有する第3レンズ群G₃の構成が、物体側より順に、曲率の大きい面を物体側に向けた両凸レンズからなる第4レンズL₄と、曲率の大きい面を物体

側に向けた両凸レンズからなる第5レンズL₅と凹面を物体側に向けた平凹レンズからなる第6レンズL₆の接合レンズとなっていて、全体が6枚構成となっていること以外は、そのレンズ構成と条件式(1) ~ (4)およびその作用効果は上記実施例3と略同様とされている。

【0028】また、この実施例4における各レンズ面の曲率半径R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D (mm)、各レンズのd線における屈折率N_dおよびアッベ数ν_dを下記表4に示す。また、表4の下段には全系の焦点距離f (mm)を示す。

【0029】

【表 4】

| | R | D | N _d | ν _d |
|----|---------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | -69.275 | 5.200 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -20.446 | 2.151 | | |
| 3 | -24.758 | 2.393 | 1.71736 | 29.5 |
| 4 | 35.532 | 8.337 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -29.873 | 0.515 | | |
| 6 | 61.318 | 4.693 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | -88.652 | 0.515 | | |
| 8 | 23.412 | 7.052 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | -51.480 | 1.544 | 1.64769 | 33.8 |
| 10 | ∞ | 15.500 (アイレリーフ) | | |

$$f = 20$$

【0030】さらに、この実施例4における条件式(1)～(4)の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N}-1/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、 h_{max}/f および視野角の各値は後述する表7のように設定されている。したがって、上記条件式(1)～(4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。

【0031】＜実施例5＞次に、図6に本発明に係る実施例5の広視野接眼レンズのレンズ構成を示す。全体として正の屈折力を有する第3レンズ群G₃の構成が、物体側より順に、凸面を眼側に向けた正メニスカスレンズからなる第4レンズL₄と、曲率の大きい面を物体側に向けた両凸レンズからなる第5レンズL₅となっていることと、第1レンズL₁の眼側の面が非球面となってい

ること以外は、そのレンズ構成と条件式(1)～(4)およびその作用効果は上記実施例3と略同様とされている。なお、第1レンズL₁の眼側の面を非球面とすることにより、特に歪曲収差を良好に補正することが可能になる。

【0032】また、この実施例5における各レンズ面の曲率半径R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D (mm)、各レンズのd線における屈折率N_dおよびアッベ数ν_dを下記表5に示す。表5中の面番号の左側に*が付された面は非球面とされており、下記非球面式で表される非球面形状であることを意味するものである。

【0033】

【数1】

$$Z = \frac{Ch^2}{1 + \sqrt{1 - KC^2h^2}} + A_4h^4 + A_6h^6 + A_8h^8 + A_{10}h^{10}$$

ただし、Z：光軸からの高さhの非球面上の点より、非球面頂点の接平面（光軸に垂直な平面）に下ろした垂線の長さ (mm)

C：非球面の近軸曲率

h：光軸からの高さ (mm)

K：離心率

A₄、A₆、A₈、A₁₀：第4、6、8、10次の非球面係数

【0034】また、表5の中段には全系の焦点距離f (mm)を示し、表5の下段に上記非球面式に示される非球面の各定数K、A₄～A₁₀の値を示す。

【0035】

【表5】

| | R | D | N _d | ν _d |
|-----|----------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | -206.444 | 5.913 | 1.58913 | 61.2 |
| * 2 | -16.721 | 5.023 | | |
| 3 | -25.048 | 2.399 | 1.78473 | 25.4 |
| 4 | 75.446 | 7.964 | 1.58913 | 61.2 |
| 5 | -21.795 | 0.516 | | |
| 6 | 29.884 | 3.349 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | 47.544 | 0.516 | | |
| 8 | 25.004 | 5.060 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | -790.668 | 15.500 (アイレリーフ) | | |

$$f = 20$$

非球面係数

| K | A ₄ | A ₆ | A ₈ | A ₁₀ |
|-----------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------|
| 1.0000000 | 0.5714142×10 ⁻⁴ | -0.2168059×10 ⁻⁶ | 0.1285751×10 ⁻⁸ | 0.0 |

【0036】さらに、この実施例5における条件式(1)～(4)の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N-1}/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、 h_{max}/f および視野角の各値は後述する表7のように設定されている。したがって、上記条件式(1)～(4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。

【0037】＜実施例6＞次に、図7に本発明に係る実施例6の広視野接眼レンズのレンズ構成を示す。本実施例6の広視野接眼レンズは、その構成が、第1レンズ群G₁が、凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第1レンズL₁により、第2レンズ群G₂が、物体側から順に、凹面を物体側に向けた正メニスカスレンズからなる第2レンズL₂と凹面を物体側に向けた負メニス

カスレンズからなる第3レンズL₃の接合レンズにより構成され、第3レンズ群G₃が、物体側から順に、曲率の大きい面を眼側に向けた両凸レンズからなる第4レンズL₄と、凸面を物体側に向けた平凸レンズからなる第5レンズL₅とされている。条件式(1)～(4)および作用効果は上記実施例1と略同様とされている。

【0038】また、この実施例6における各レンズ面の曲率半径R (mm)、各レンズの中心厚および各レンズ間の空気間隔D (mm)、各レンズのd線における屈折率N_dおよびアッペ数ν_dを下記表6に示す。また、表6の下段には全系の焦点距離f (mm)を示す。

【0039】

【表6】

| | R | D | N _d | ν _d |
|---|----------|-----------------|----------------|----------------|
| 1 | -142.510 | 5.611 | 1.58913 | 61.2 |
| 2 | -20.216 | 2.213 | | |
| 3 | -26.513 | 9.612 | 1.58913 | 61.2 |
| 4 | -14.278 | 2.050 | 1.78472 | 25.4 |
| 5 | -36.155 | 0.512 | | |
| 6 | 128.696 | 4.491 | 1.58913 | 61.2 |
| 7 | -38.793 | 0.512 | | |
| 8 | 25.380 | 4.835 | 1.58913 | 61.2 |
| 9 | ∞ | 15.500 (アイレリーフ) | | |

$$f = 20$$

【0040】さらに、この実施例6における条件式(1)～(4)の値、すなわち f_1/f 、 $-f_2/f$ 、 $1/\nu_{2N-1}/\nu_{2P}$ 、 $|R_3/F|$ の各値と、 h_{max}/f および視野角の各値は下記表7のように設定されてい

る。

【0041】

【表7】

| | 実施例 1 | 実施例 2 | 実施例 3 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| (1) f_1/f | 2.43 | 3.07 | 2.00 |
| (2) $-f_2/f$ | 8.11 | 18.05 | 3.76 |
| (3) $1/\nu_{2N}-1/\nu_{2P}$ | 0.023 | 0.023 | 0.023 |
| (4) $ R_2/f $ | 1.78 | 5.32 | 1.06 |
| (5) h_{max}/f | 0.63 | 0.64 | 0.63 |
| (6) 視野角 | 65度 | 65度 | 65度 |

| | 実施例 4 | 実施例 5 | 実施例 6 |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| (1) f_1/f | 2.37 | 1.52 | 1.97 |
| (2) $-f_2/f$ | 5.67 | 39.94 | 4.10 |
| (3) $1/\nu_{2N}-1/\nu_{2P}$ | 0.018 | 0.023 | 0.023 |
| (4) $ R_2/f $ | 1.24 | 1.25 | 1.33 |
| (5) h_{max}/f | 0.67 | 0.66 | 0.64 |
| (6) 視野角 | 65度 | 65度 | 65度 |

【0042】したがって、上記条件式(1)～(4)は全て満足されており、また、65度以上の広視野角とレンズ外径のコンパクト化が達成されている。なお、実施例1～6における、各収差図(球面収差、非点収差、歪曲収差(ディストーション))を各々図8～13に示す。これら図8～13に明らかなように、上述した各実施例によれば、諸収差を良好なものとすることができ、広視野接眼レンズとして良好に使用し得る性能を得ることができる。特に、図11に明らかなように、レンズの1面を非球面とした実施例5によれば、歪曲収差の補正が著しい。

【0043】なお、本発明の広視野接眼レンズとしては、上記実施例のものに限られるものではなく種々の態様の変更が可能であり、例えば各レンズの曲率半径Rおよび間隔(もしくはレンズ厚)Dを適宜変更することが可能である。また、非球面とする面は第1レンズL₁の眼側の面に限られるものではなく、物体側の面とすることも可能である。

【0044】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る広視野接眼レンズによれば、視野角65度以上と広視野角でありながら、低倍率の望遠鏡等に用いる場合においても適正なアイレリーフを有し、レンズ外径を小さくして、軽量化、コンパクト化を図り、諸収差を良好に補正することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る広視野接眼レンズを用いた単眼鏡の構成を示す概略図

【図2】本発明の実施例1に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図3】本発明の実施例2に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図4】本発明の実施例3に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図5】本発明の実施例4に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図6】本発明の実施例5に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図7】本発明の実施例6に係る広視野接眼レンズの構成を示す概略図

【図8】実施例1に係るレンズの各収差図

【図9】実施例2に係るレンズの各収差図

【図10】実施例3に係るレンズの各収差図

【図11】実施例4に係るレンズの各収差図

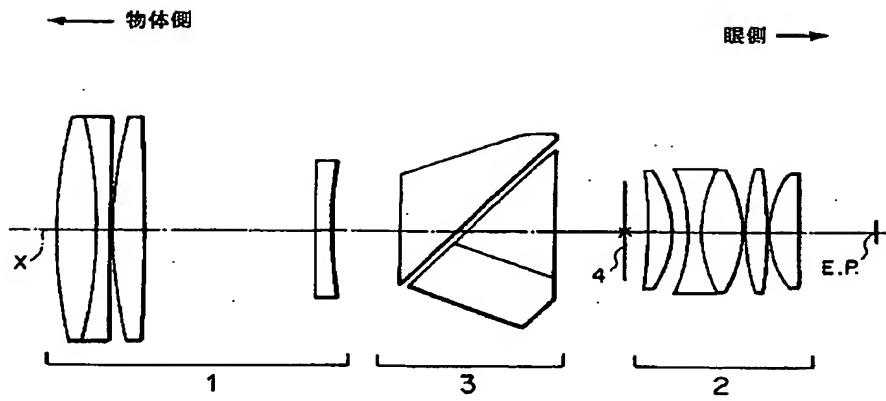
【図12】実施例5に係るレンズの各収差図

【図13】実施例6に係るレンズの各収差図

【符号の説明】

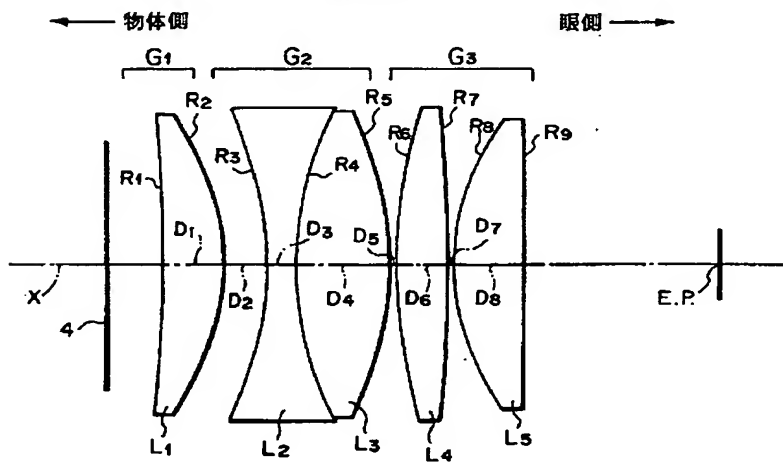
| | |
|--------------------------------|----------|
| G ₁ ～G ₃ | レンズ群 |
| L ₁ ～L ₆ | レンズ |
| X | 光軸 |
| E、P. | アイポイント位置 |
| 1 | 対物レンズ系 |
| 2 | 接眼レンズ系 |
| 3 | 像正立プリズム |
| 4 | 物体像位置 |

【図 1】



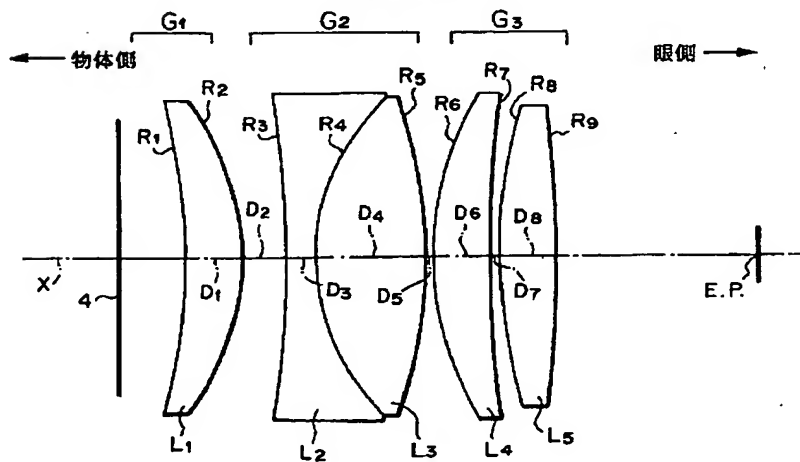
【図 2】

実施例 1

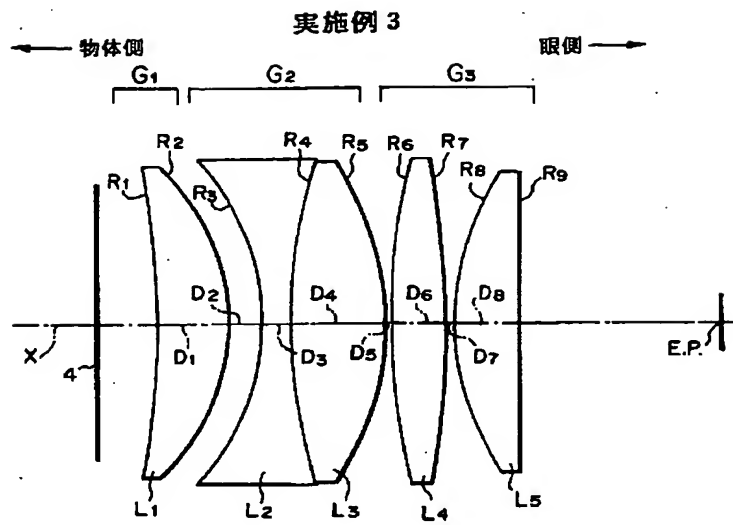


【図 3】

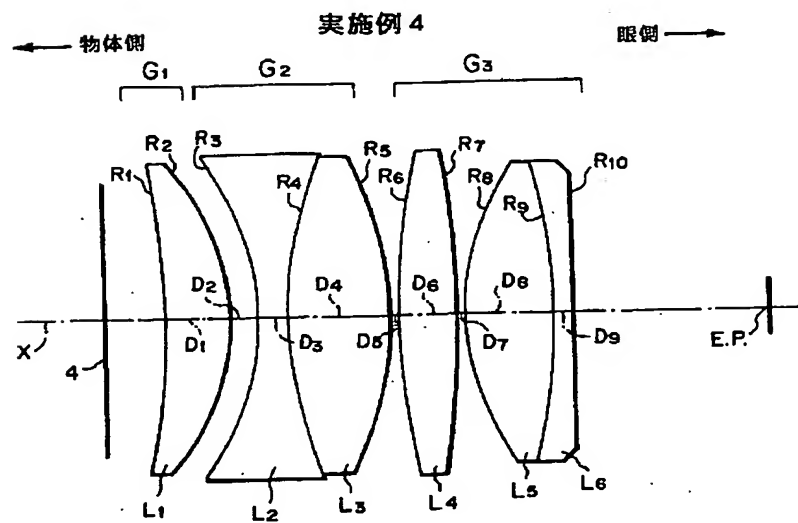
実施例 2



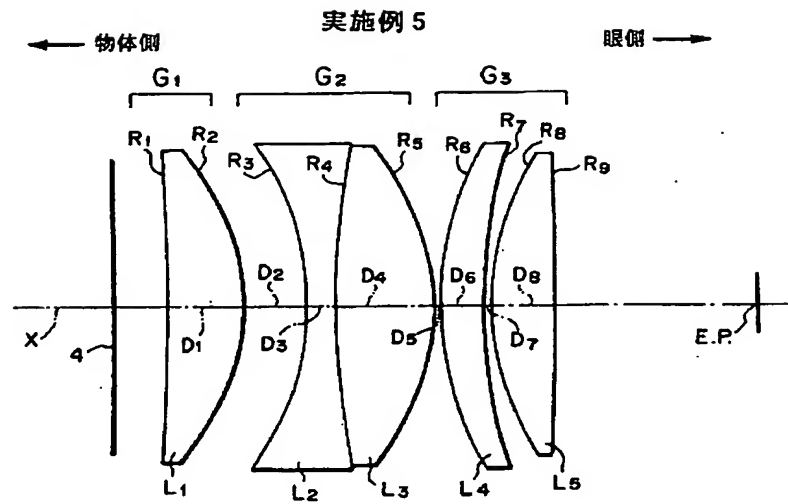
【図 4】



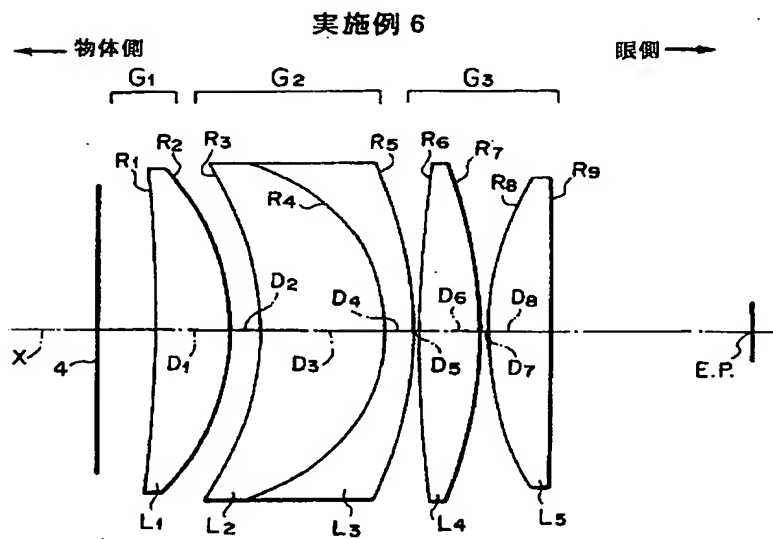
【図 5】



【図 6】

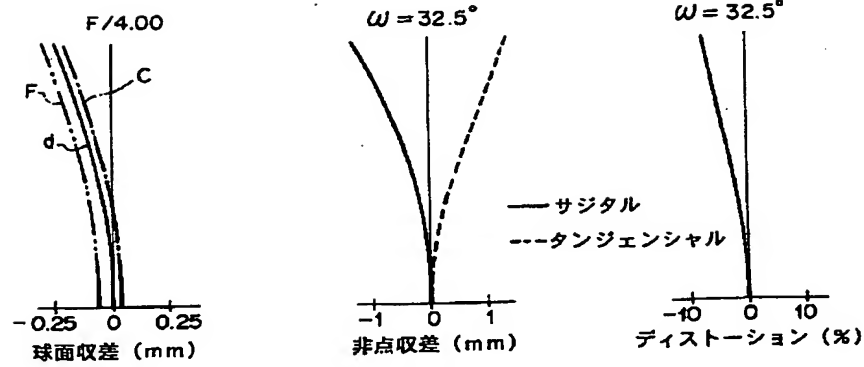


【図 7】



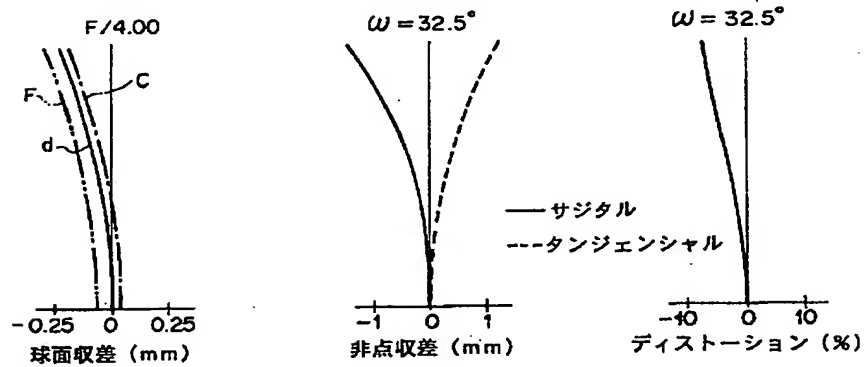
【図 8】

実施例 1



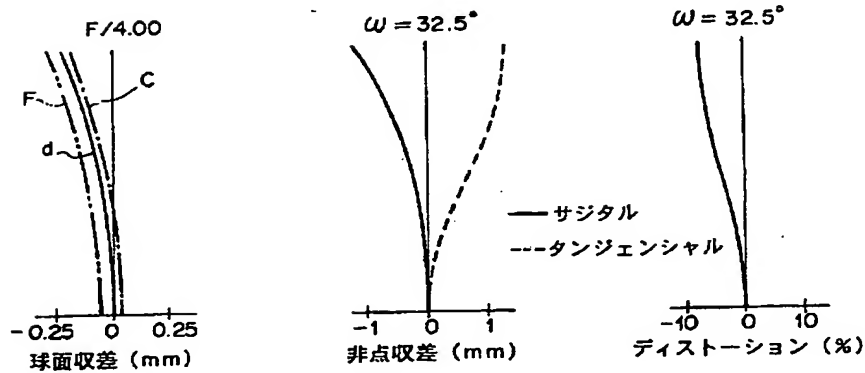
【図 9】

実施例 2



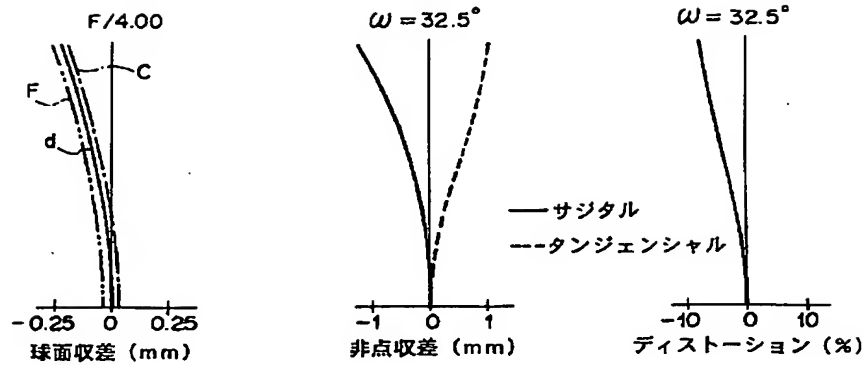
【図 10】

実施例 3



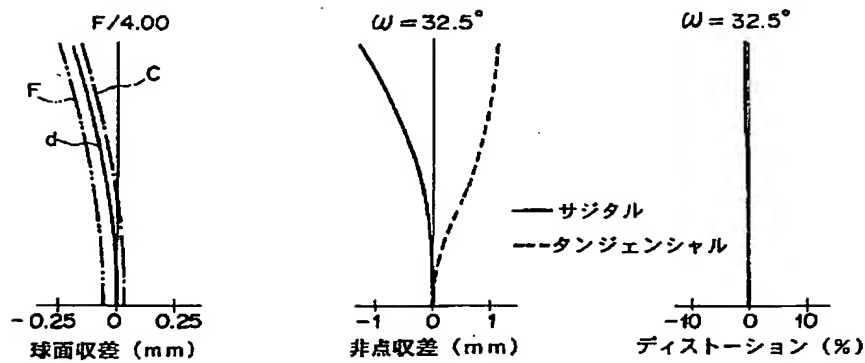
【図 11】

実施例 4



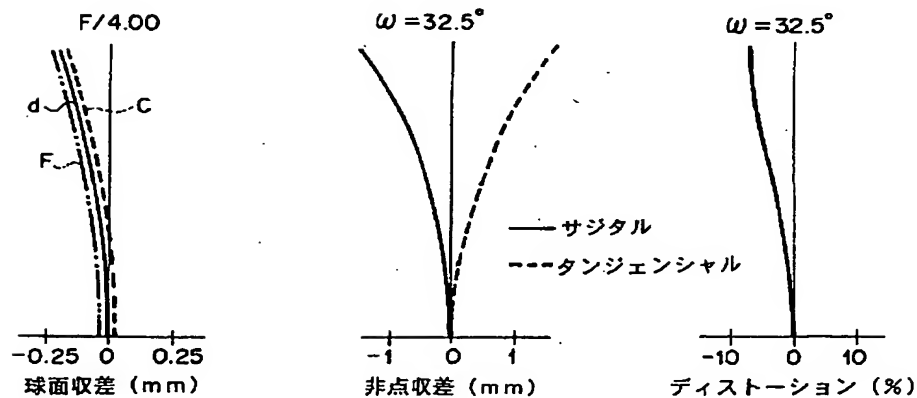
【図 12】

実施例 5



【図 13】

実施例 6



【手続補正書】

【提出日】平成10年12月21日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正内容】

【0004】すなわち、上記公報記載の接眼レンズのように、高倍率で焦点距離が短いときでも十分な長さのアイレリーフが得られる接眼レンズを、低倍率で焦点距離

の短い接眼レンズに応用すると、必要以上にアイレリーフが長くなり、レンズ外径が大きくなってしまうことになる。例えば、レンズ外径を比較する際に用いられる評価値として、光軸から、アイポイントを所定の視野角で通過する光線（主光線）の接眼レンズでの最外周までの距離（以下 h_{max} と称する）と焦点距離（ f ）の比が一般に知られている。上記特開平9-54256号公報記載の接眼レンズでは、この h_{max}/f は視野角が60度で0.7程度と大きく、レンズ外径が大きい。